Pedobiologia **33**, 145–153 (1989)
VEB Gustav Fischer Verlag Jena

WB Zoologie/Zoologisches Museum der Sektion Biologie,
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) als pedobiologische Indikatoren

G. MÜLLER-MOTZFELD

Mit 3 Abbildungen

(Angenommen: 88-11-31)

1. Einleitung

In vergleichend synökologischen Untersuchungen zählen die Carabiden zu den häufiger benutzten Indikator-Taxozönosen, da ihre hohe Aktivitätsdichte, ihr Artenreichtum und ihre relativ leichte Handhabbarkeit (Fang, Determination) sicheren und schnelleren Ergebnisgewinn versprechen. Heute ist ihre Eignung als Indikatoren für den Einsatz von Insektiziden (HOLLIDAY & HAGLEY, 1978; THOME *et al.*, 1987), Herbiziden (MÜLLER, 1972), bei der Abschätzung von Immissionsschäden (STUBBE & TIETZE, 1982), in der urbanen Ökologie (KLAUSNITZER & RICHTER, 1983) und für allgemeine Fragen der Landeskultur und des Naturschutzes (NAGEL, 1978; REFSETH, 1980; ŠUSTEK, 1983; PLACHTER, 1985) so allgemein anerkannt, daß anstelle der genannten Literaturzitate ebenso Hunderte andere stehen könnten.

Als Indikatoren für pedobiologisch-agrarökologische Bedingungen wurden die Laufkäfer erstmals von HEYDEMANN (1955) genutzt. HEYDEMANN (1955) nennt als wesentliche Parameter für die Indikation: Anwesenheit, Größe der Besiedlungsdichte und Vitalitätsgrad; er unterscheidet qualitative (absolute) und quantitative (relative) Indikatoren.

Qualitative Indikatoren sind jene Arten, deren Auftreten (Präsenz) absolut an einen bestimmten Bedingungskomplex gebunden ist (bzw. im negativen Sinn: von diesem limitiert wird), so daß sie als Anzeiger für eben diese Bedingungen gelten können.

Quantitative Indikatoren zeigen dagegen nur eine mehr oder weniger deutliche Vorliebe für einen bestimmten Bedingungskomplex, meßbar an der Zunahme ihrer Abundanz, ihrer Vitalität u. a.

Die mittels quantitativer und qualitativer Indikatoren anzeigbaren Unterschiede in der Zusammensetzung vergleichbarer Taxozönosen können mit Hilfe struktureller und anderer ökofaunistischer Charakteristika ausgedrückt werden. Diese komplexe Form der Auswertung widerspiegelt nicht einfach die Summe der vom Vorkommen der einzelnen Arten ableitbaren Indikationsmöglichkeiten eines Bestandes, sondern ermöglicht die Anwendung weiterer neuer Indikationsparameter (Dominanzstruktur/Diversität u. a.). Es darf dabei nicht übersehen werden, daß eine pauschale Anwendung derartiger Indizes und Parameter sehr oft sichere qualitative Indikationsmöglichkeiten (z. B. bei subrezedenten Arten) vollkommen verdeckt bzw. nicht erkennbar macht (siehe dazu Abschnitt 3). Es sollte keinesfalls (in Ermangelung der für die ökologische Inikation unabdingbaren Kenntnisse über die Autökologie der betreffenden Arten) die Flucht in das Berechnen immer neuer Indizies angetreten werden.

2. Besonderheiten der pedobiologischen Indikation mit Laufkäfern

2.1. Allgemeines

Die aus Freilanduntersuchungen ermittelte Reaktion der Laufkäfer auf die unterschiedlichen Umweltgrößen wird anhand der gleichen Parameter gemessen (Präsenz, Abundanz, Aktivität, Dominanzstruktur), es handelt sich im Sinne von STÖCKER (1981) um unspezifische Indikation.

Neben der bereits von HEYDEMANN (1955) benutzten Einteilung in quantitative und qualitative Indikatoren sollte nach SCHUBERT (1985) auch bei Carabiden zwischen den folgenden Indikationsformen unterschieden werden:

Indikation
direkt – indirekt
primär – sekundär

2.2. Beispiele

2.2.1. Direkte Indikation

Die Indikatorart reagiert direkt auf die anzuzeigende Umweltgröße: psammobionte Arten, Lebensformtyp „Sandschwimmer" wie *Omophron limbatum* oder an bestimmte Korngröße des Substrates angepaßte grabende Arten (z. B. Arten der Gattung *Dyschirius*).

2.2.2. Indirekte Indikation

Die Indikator-Art reagiert auf die von der anzuzeigenden Umweltgröße hervorgerufene oder vermittelte Umweltqualität: die Mehrzahl der „psammophilen Arten" unter den Laufkäfern (siehe Abschnitt 4) bevorzugten Sand nicht als unmittelbares Substrat, sondern die damit verbundene Trockenheit oder Wärme, es sind also xerophile oder thermophile Arten (zahlreiche *Amara*- und *Harpalus*-Arten). Oft wird das Substrat Sand nur an der Nordgrenze des Areals bevorzugt. Ähnliches ließe sich auch für die Relation zwischen Bedeckungsgrad und rel. Luftfeuchte feststellen, so wird *Nebria brevicollis* im stärker maritim beeinflußten Klimat regelmäßig auf Feldern und Grünland in Waldnähe angetroffen, während die Art im mehr kontinentalen Klimat ein reines Waldtier ist.

2.2.3. Primäre Indikation

Die Indikationsleistung ergibt sich aus der ersten Reaktion auf die zu indizierende Umweltgröße: So kann der Einsatz von Herbiziden repellent auf Laufkäfer wirken (MÜLLER, 1971) Vagile Arten sind dann in der Lage, sich den toxischen Nachwirkungen durch Flucht zu entziehen. Daraus resultiert eine kurzfristige Senkung der Aktivitätsdichte und der stationären Siedlungsdichte der betreffenden Arten, die von flugfähigen Arten schnell wieder ausgeglichen wird.

2.2.4. Sekundäre Indikation

Es wird nicht die primäre Reaktion, sondern davon abhängige Reaktionen angezeigt: Eine auf den Herbizideinsatz durch Flucht reagierende, aber fluguntüchtige Art nimmt durch ihre erhöhte Laufaktivität eine größere Mittelmenge auf und zeigt dann erste Schädigungen, z. B. eine erhöhte unkoordinierte Laufaktivität, dadurch erhöht sich für die geschädigten Individuen die Fangquote in Barberfallen. Es wird mit Abnahme der stationären Dichte eine kurzfristige Erhöhung der Aktivitätsdichte gemessen. Erst bei längerfristiger Nachkontrolle zeigt sich der Rückgang bzw. in der nächsten Generation als Folge ein drastisches Absinken der Aktivitätsdichte der Larven (MÜLLER, 1972).

2.2.5. Anmerkung

Natürlich lassen sich aus dem Einsatz von Herbiziden auch Beispiele für indirekte Indikationen ableiten: So die mit dem Herbizideinsatz im Vorlauf verbundene Reduktion des Raumwiderstandes der Bodenoberfläche und des Bedeckungsgrades, die bei Carabiden zu einer erhöhten Aktivitätsdichte exothermer Elemente führt. Die Aufarbeitung der totgespritzten Ackerwildkräuter durch saprophage Insekten verbessert indirekt die trophischen Bedingungen für Laufkäfer, so daß deren Aktivitätsdichten ebenfalls erhöht sein können.

2.3. Sensitivität einzelner Semaphoronten

Eine pedobiologische Indikation anhand von Befunden über Laufkäfer ist, wie jede Bioindikation, nur sinnvoll, wenn sie im Vergleich zu anderen Methoden (z. B. physikalischen oder chemischen Meßtechniken) empfindlicher ist, schneller zu Resultaten führt oder komplexere Aussagen ermöglicht. In feldbiologischen Untersuchungen werden in der Regel nur die Imagines einer detaillierten Auswertung unterzogen, für die darauf aufbauende Bioindikation gilt die Art als eine den gesamten Biozyklus umfassende „blackbox", ohne die unterschiedliche Sensivität der einzelnen Semaphoronten gegenüber bestimmten pedobiologischen Faktoren zu berücksichtigen. Einen groben Überblick über die unterschiedliche Einflußnahme konkreter Umweltgrößen auf die einzelnen Semaphoronten des Biozyklus eines Laufkäfers zeigt Abbildung 1.

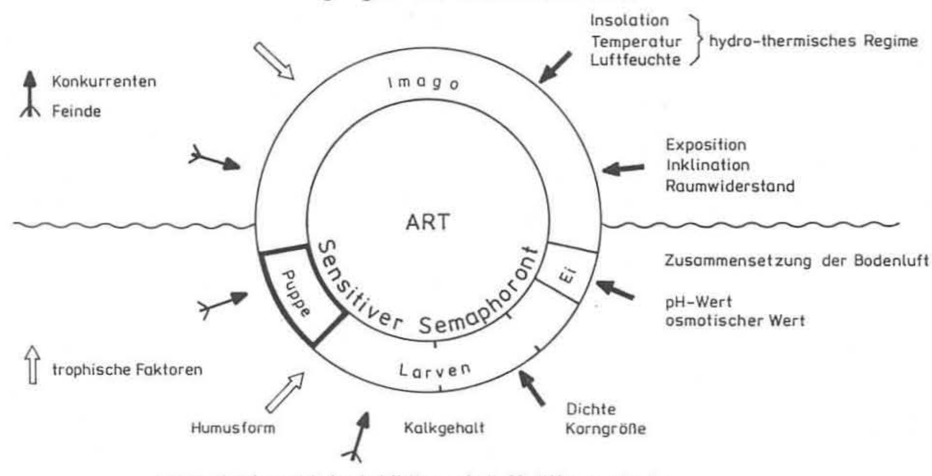


Abb. 1 Spezifischer Einfluß ausgewählter Umweltgrößen an der Bodenoberfläche und im Oberboden auf die einzelnen Semaphoronten des Biozyklus einer semiedaphischen Laufkäferart.

Bei der Mehrzahl der semiedaphischen Carabidenarten werden die Imagines vor allem durch die Bedingungen an der Bodenoberfläche beeinflußt und sind daher auch in erster Linie nur als Indikatoren für diese Bedingungen geeignet, wie dies auch die Untersuchungen von LAUTERBACH (1964), SOWIG (1986) u. a. bestätigen, wonach die Aktivität der Laufkäfer in erster Linie durch die Feuchtigkeit und dann durch die Temperatur bestimmt werden. Das Zusammenspiel dieser beiden Umweltgrößen im Jahresgang wird nach GHILAROV (1964) als „hygrothermisches Regime" bezeichnet. Die Puppe als mehr oder weniger von der Außenwelt abgeschirmtes Ruhe-Stadium mit drastisch reduzierter Koppelung zur Außenwelt ist als Indikator sicher kaum vorstellbar. Die letzten Larven-Stadien sind stärker als die Imagines auf das Bodenleben geprägt und damit als potentielle Indikatoren für die Bedingungen im Oberboden anzusehen. Für eine ganze Reihe wasservermittelter Qualitätsparameter des Bodens (*pH*-Wert, osmotischer Wert) sind die weichhäutigen Junglarven und die Eier als geeignete sensitive Semaphoronten anzusehen. Leider sind Untersuchungen zur Substratbindung der Larven noch sehr selten (MEISSNER, 1984). In der Regel werden die Imagines

jener Arten, deren Larven streng an bestimmte Bodenqualitäten gebunden sind, sich auch im Sinne einer erhöhten Präferenz an diesen Bedingungen orientieren (ANDERSEN, 1983), um die Nachkommen in dem für diese geeigneten Substrat absetzen zu können. Dafür spricht auch die schon von HEYDEMANN (1962), THIELE (1967), MÜLLER (1970) festgestellte stärkere Orientierung der Laufkäfer-♀♀ zum ökologischen Optimum im Vergleich zu den mehr eurypräferenten ♂♂.
Entscheidend für die Sicherheit der Aussagen, die anhand von Befunden über eine Indikatorart getroffen werden sollen, ist die Überprüfbarkeit der Freilandergebnisse im Laborexperiment. Hierbei zeigt sich oft eine große Diskrepanz zwischen den im strengen Labortest ermittelten Präferenzwerten und den Beobachtungen im Freiland (MOSSAKOWSKI, 1970; SOWIG, 1986), woraus komplizierte Techniken und Versuche der Bestimmung der Substratpräferenz im Freiland resultieren (ANDERSEN, 1978, 1983 u. a.). Außerdem hängt die Präferenz der Laufkäfer vom physiologischen Ausgangszustand der Tiere ab. So zeigte MOSSAKOWSKI (1970), wie in feuchtigkeitsgesättigter Luft gehaltene Imagines von *Europhilus*-Arten eine geringere Feuchtepräferenz aufwiesen als in Trockenheit gehaltene. Sicher ein weiterer Grund für kurzfristige Aktivitätsdichte-Schwankungen im Freiland.

Vor allem durch die Untersuchungen von SOWIG (1986) konnte nachgewiesen werden, daß es durch interspezifische Konkurrenz zur Deformation der Präferenda der einzelnen Arten kommt, wie dies durch Abbildung 2 demonstriert werden soll. Angegeben sind hier nur zwei Nischendimensionen (D_1 und D_2) und die zonale Häufigkeitsverteilung der Individuen der jeweiligen Arten. Aus Gründen der Konkurrenzminderung verschiebt sich das Präferendum der Art A bei Auftreten des Konkurrenten B, dessen Präferendum ebenfalls in charakteristischer Weise deformiert wird. Kompliziert werden die Verhältnisse beim Vorkommen von mehreren Arten oder bei Berücksichtigung weiterer Nischendimensionen.

Ausgangsbefund von SOWIG (1986) war die Tatsache, daß entgegen der im Freiland bekannten spezifischen Substratpräferenz uferlebender Bembidion-Arten, wie sie auch ANDERSEN (1978–1985) in zahlreichen Untersuchungen feststellte, alle von SOWIG untersuchten Arten in der Präferenzorgel immer gut befeuchteten Schlick bevorzugten. Ihre anders geartete Substratpräferenz im Freiland ist offenbar das Ergebnis der Konkurrenz mit anderen Arten. Dies bedeutet aber, daß die Eignung einer Laufkäferart als Indikator für einen konkreten pedobiologischen Bedingungskomplex auch abhängig von den in der Taxozönose vertretenen Konkurrenten und damit von der spezifischen Zusammensetzung der Carabiden-Taxozönose selbst ist.

3. Indikation mittels ökofaunistischer Parameter

Aufbauend auf den schon von HEYDEMANN (1955) genannten Indikationsparametern, Präsenz, Abundanz und Aktivität, sind eine Reihe weiterer ökologischer Charakteristika zu Indikationszwekken benutzt worden, vor allem die auf der Dominanzstruktur fußenden Diversitäts- bzw. Mannigfaltigkeits-Indizes (α-Diversität, Information, Evenness, Äquitabilität u. a.). Einschränkend muß dazu festgestellt werden, daß eine pauschale Anwendung dieser Parameter zu Indikationszwekken nicht möglich ist, wie aus den Untersuchungen von ŠUSTEK (1980, 1983), STUBBE & TIETZE (1980), SEIFERT (1986) u. a. hervorgeht. Da die Artenfrequenz-Abundanz-Relation einer ökologisch komplizierten Regelung unterliegt und die Diversitäts-Indizes innerhalb eines Bestandes eine ausgeprägte phänologische Periodizität zeigen (KLAUSNITZER & RICHTER, 1983; MÜLLER-M., 1987), ist die Aussagefähigkeit dieser Indizes sehr beschränkt (FAGER, 1972). Einige allgemeine Grundsätze der Bewertung von Belastungen im Ökosystem mittels faunistischer Methoden gibt WEIGMANN (1987); er unterscheidet u. a. Biozönose-Indikatoren und Ökofaktor-Indikatoren (Anzeiger-Arten).

Ein einfaches praktikables Verfahren der Indikation eines umfassenden Bedingungskomplexes zeigen KLAUSNITZER & RICHTER (1983) in urbanökologischen Untersuchungen. Hier wird der Indikationswert der betreffenden Arten im Ergebnis der Untersuchungen (bzw. in einer Voruntersuchung) bestimmt und aus dem relativen Anteil der spezifischen Wertigkeiten der Urbanisierungsgrad des Bestandes ermittelt bzw. ein entsprechender Gradient aufgezeigt.

Alle diese Verfahren basieren aber letztlich auf der autökologischen Wertung der einzelnen Arten hinsichtlich ihrer Anzeigequalität, entsprechen also bei aller Komplexität des zu bewertenden

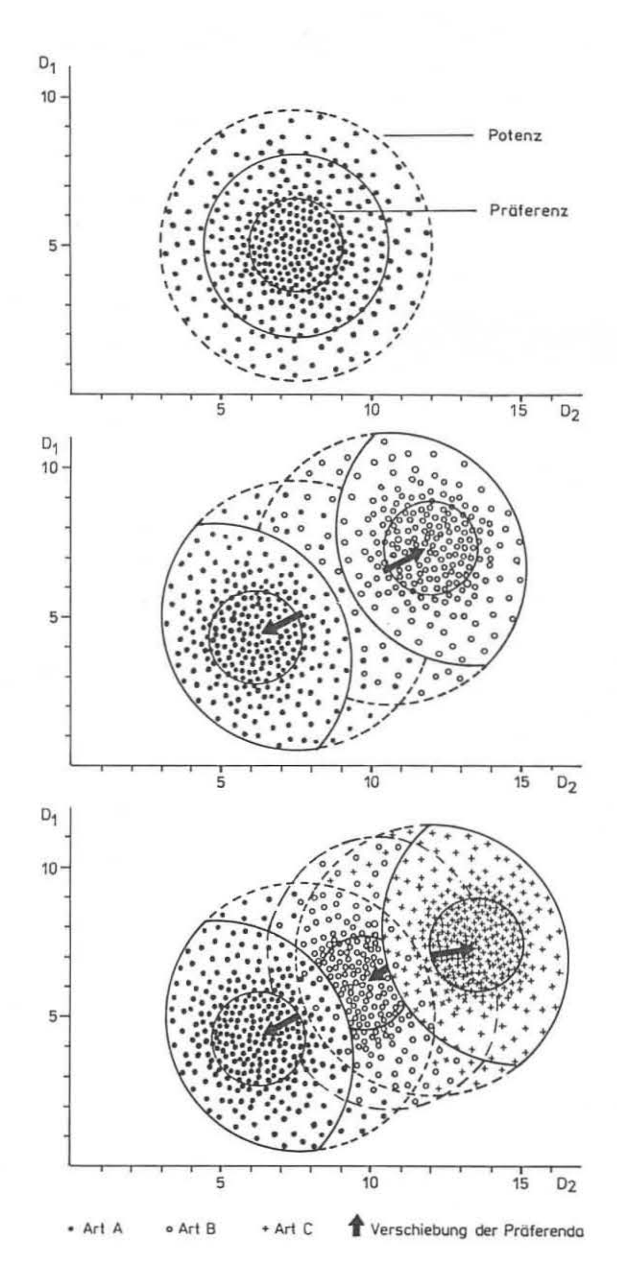


Abb. 2. Präferenz der Art A bezogen auf 2 unterschiedliche Nischendimensionen (D_1; D_2); spezifische Drift der Präferenda als Mittel der Konkurrenzminderung und Komplexität der Häufigkeitszonierung der konkurrierenden Arten A, B und A, B, C.

Sachverhaltes dem Verfahren der „quantitativen Indikation" HEYDEMANNS (1955). Dies sollte bei der immer mehr in Mode kommenden Errechnung weiterer neuer Parameter zur Anzeige immer komplexerer Sachverhalte nicht übersehen werden, besteht doch dabei die Gefahr, daß einfache qualitative Indikationsmöglichkeiten, die oft an das Auftreten einzelner subrezedenter Arten gekoppelt sind, unbeachtet bleiben bzw. aufgrund der schon im Abschnitt 2 aufgezeigten chorologischen Überprägung der Habitatsansprüche (sog. Biotopwechsel) bei den betreffenden Arten zu Fehldeutungen führen.

Für die Anzeige konkreter pedobiologischer Beziehungskomplexe (WEIGMANN, 1987) (bzw. deren Veränderungen infolge anthropogener oder anderer Einflüsse) ist die Kenntnis des Indikationsbereichs der qualitativen Indikatoren von großer Bedeutung.

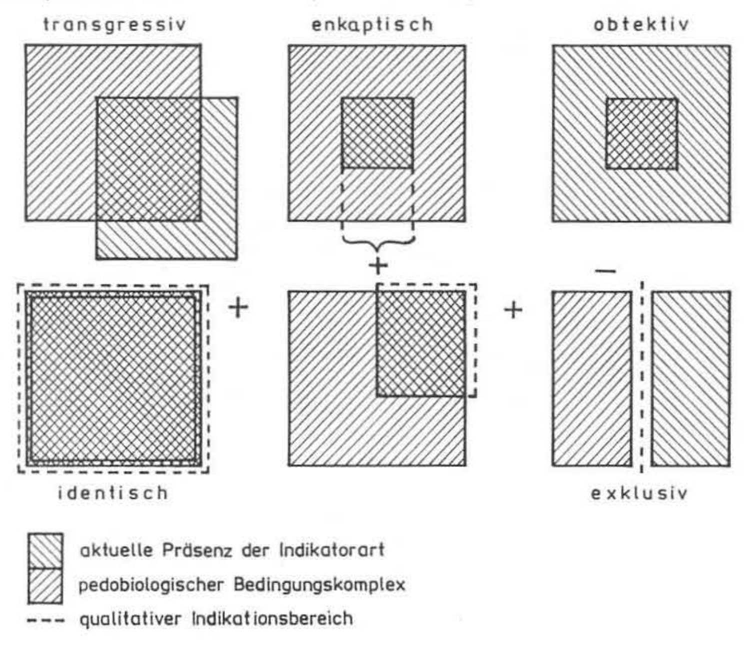


Abb. 3. Schema der Relation zwischen aktueller Präsenz von Indikatorart und pedobiologischen Bedingungskomplex zur Abgrenzung des qualitativen Indikationsbereichs.

Unter welchen Voraussetzungen eine Art als qualitativer Indikator für einen konkreten pedobiologischen Bedingungskomplex gelten kann, zeigt Abbildung 3. Im Idealfall ist die Verbreitung der Indikatorart mit der des anzuzeigenden Bedingungskomplexes identisch. Schließt das Vorkommen des Bedingungskomplexes das der Indikatorart enkaptisch ein, so ist diese Art für den Teil des Bedingungskomplexes ein Indikator, der mit ihrem Vorkommen gekoppelt ist. Während bei extrem transgressiven oder obtektiven Arealrelationen keine Indikationsmöglichkeit gegeben ist, besteht bei strengem Ausschluß (exklusiv) die Möglichkeit negativer Indikation.

4. Qualitative pedobiologische Indikatoren unter den Laufkäfern

Hinsichtlich der Strenge der Substratbindung bei Coleopteren wird meist nur zwischen Arten, die ein bestimmtes Substrat bevorzugen (-phile) und Arten, die streng an das betreffende Substrat gebunden sind (-bionte) unterschieden. Kompliziert wird diese Einteilung durch euryöke Arten, die auch extreme Intensitätsbereiche der betreffenden Substratfaktoren tolerieren können und in diesen Bereichen dann auch „zufällig" (d. h. aus Gründen der Konkurrenzminderung oder der Einfluß-

nahme anderer Umweltgrößen) auftreten, ohne dort dauerhaft ihre Existenz sichern zu können (-xene), wie dies LOHSE (1987) anhand von Küstenkäfern demonstriert.
Im folgenden sollen einige qualitative Indikatoren unter den Laufkäfern der 3 Nordbezirke der DDR genannt werden. Der Indikatorwert dieser Arten ist nicht in jedem Fall auf andere Regionen übertragbar:

1. Bindigkeit des Bodens (Lehm/Ton/Geschiebemergel; Anteil abschlämmbarer Bestandteile über 20%)

xerophile Elemente: *Cicindela germanica*; *Dyschirius angustatus*;
thermophile Elemente: *Bembidion pygmaeum*; *Asaphidion pallipes*; *Dyschirius laeviusculus*;
mesophile Elemente: *Dyschirius intermedius*; *Asaphidion curtum*; *Demetrias atricapillus*; *Acupalpus meridianus*;
hygrophile Elemente: *Bembidion stephensi*; *B. nitidulum*; *Stomes pumicatus*; *Nebria livida* (*Bembidion saxatile* und *B. andreae ssp. polonicum* sind in ihrem Vorkommen in der DDR an Geschiebemergel-Kliffs der Küste gebunden; *B. milleri* wurde bisher nur auf reinem Ton in Tongruben gefunden)

2. Sandböden (Anteil abschlämmbarer Bestandteile unter 10%)

hygrophile Elemente: *Omophron limbatum*; *Dyschirius obscurus*; *D. thoracicus*; *D. neresheimeri*; *Bembidion litorale*; *B. argenteolum*; *B. lunatum*; *Demetrias monostigma*; *Dromius longiceps*;
mesophile Elemente: *Cicindela maritima*; *Broscus cephalotes*; *Harpalus serripes*; *Bradycellus verbasci*; zahlreiche Arten der Gattung *Amara*
thermophile Elemente: *Cicindela maritima*; *C. hybrida*; *Nebria salina*; *Notiophilus pusillus*; *Harpalus griseus*; *H. calceatus*; *H. flavescens*; *H. frölichi*; *H. fuliginosus*; *H. vernalis*; *Calathus ambiguus*; *Amara spreta*; *A. fulva*; *A. littorea*; *A. majuscula*;
xerophile Elemente: *Harpalus hirtipes*; *H. neglectus*; *H. autumnalis*; *H. melancholicus*; *H. servus*; *H. picipennis*; *H. modestus*; *H. anxius*; *Amara tibialis*; *A. quenseli*; *A. fusca*; *A. infima*; *Masoreus wetterhallii*; *Syntomus foveatus*.

3. Osmotischer Wert (Halinität) des Bodenwassers

halobiont: *Dyschirius impunctipennis*; *D. chalceus*; *D. salinus*; *Bembidion tenellum*; *B. aeneum*; *Anisodactylus poeciloides*; *Dicheirotrichus gustavii*; *Angonum atratum*;
halobiont (aber nur auf frisch bewegtem marinem Sediment): *Bembidion pallidipenne*; *Cicindela marittima*;
halophil: *Bembidion fumigatum*; *B. minimum*; *Amara ingenua*; *A. convexiuscula*; *Harpalus melancholicus*;
halotolerante Arten, deren Vorkommen in der DDR mehr oder weniger streng an die Küste gebunden ist: *Bembidion saxatile*; *B. andreae ssp. polonicum*; *Dyschirius obscurus*;
polystenohaline Arten und halobionte Arten der DDR-Fauna, die aus biogeographischen und anderen Gründen nicht in Mecklenburg vorkommen: *Dyschirius extensus*; *Bembidion aspericolle*; *Pogonus chalceus*; *P. iridipennis*; *P. luridipennis*; *Dicheirotrichus obsoletus*; *Acupalpus elegans*; *Amara pseudostrenua*

4. Rohhumus (sauer, mäßig feucht)

Bradycellus ruficollis; *Trichocellus cognatus*; *Acupalpus dubius*.

5. Torf (nährstoffarm, sauer)

tyrphobiont: *Agonom ericeti*; *A. munsteri*; *Bembidion humerale*; *Carabus nitens*; *Trechus rivularis*;
tyrphophil: *Carabus clathratus*; *Agonum gracile*; *A. micans*; *Pterostichus rhaeticus*; *Pt. aterrimus*; *Patrobus assimilis*.

Offenbar aufgrund ihrer niedrigen Temperatur-Präferenz wurden *Agonum assimile* im Gebiet der 3 Nordbezirke bisher ausschließlich in Kesselmooren gefunden; *Agonum ericeti* tritt nach MASSAKOWSKI (1970b) nur außerhalb der Mineralbodenwassergrenze auf (pH-Wert >4. *Notiophilus rufipes* ist auf Buchenwälder beschränkt, die auf anmoorigen Böden stocken.

Die Zahl der Laufkäferarten mit speziellen Indikationseigenschaften bezüglich anderer Umweltgrößen ließe sich beliebig fortsetzen. Von den 332 in Mecklenburg bisher nachgewiesenen Carabidenarten sind gemäß den o. g. Beispielen über 27% als qualitative Indikatoren nutzbar (Bindigkeit der Böden: 4,8%; Sandanzeiger: 12,7%; Salzgehalt: 5,4% und saurer Torf/Rohhumus: 4,2%). Trotz der eingangs geschilderten Probleme und Besonderheiten spricht dies für die generelle Eignung der Laufkäfer als pedobiologische Indikatoren.

5. Zusammenfassung

Die ökofaunistische Indikation mittels Laufkäfer ist unspezifisch und basiert auf dem spezifischen Indikationswert der einzelnen Arten für die anzuzeigende Umweltgröße (Bedingungskomplex).

Voraussetzung für die Indikation ist die Existenz qualitativer Indikator-Arten und die Kenntnis der Indikations-Bedingungen, d. h. der Relation zwischen der Verbreitung der Indikatorart und der des anzuzeigenden Bedingungskomplexes. Zur Präzisierung des Indikatorwertes der Laufkäferarten sind genaue Kenntnisse über die Sensivität der einzelnen Semaphoronten (Ei, Larven, Puppe, Imago) gegenüber dem anzuzeigenden Bedingungskomplex und die spezifische Drift der Präferenda unter dem Einfluß der jeweiligen Konkurrenten nötig.

Vor einer pauschalen Nutzung ökofaunistischer Parameter wird gewarnt.

6. Literatur

ANDERSEN, J., The influence of the substratum on the habitat relation of Bembidiini. Norw. J. Ent. **2**, 119–138.

– 1983. The life cycles of the riparian species of Bembidion (Col. Carab.) in northern Norway. Notul. Entomol. **63**, 195–202.

– 1985. Humidity response and water balance of riparian species of Bembidiini (Col. Carab). Ecol. Entomol. **10**, 4, 363–375.

FAGER, E. W., 1972. Diversity: A sampling study. Amer. Nat. **106**, 293–310.

GHILAROV, M. S., 1964. Connection of insects with the soil in different climatic zones. Pedobiologia **4**, 310–315.

HEYDEMANN, B., 1955. Carabiden der Kulturfelder ökologische Indikatoren. Ber. 7. Wandervers. dtsch. Entomol. Berlin (1954), 172–185.

– 1962. Der Einfluß des Deichbaus an der Nordsee auf Larven und Imagines von Staphyliniden. Ber. 9. Wandervers. dtsch. Entomol. 237–273.

HOLLIDAY, N. J., & E. A. C. HAGLEY, 1978. Occurrence and activity of ground beetles in a pest management of apple orchard. Canad. Ent. **110**, 113–119.

KLAUSNITZER, B., & K. RICHTER, 1983. Presence of an urban gradient demonstrated for Carabid associations. Oecologia (Berlin) **59**, 79–82.

LAUTERBACH, A. W., 1964. Verbreitungs- und Aktivitätsbestimmende Faktoren bei Carabiden in sauerländischen Wäldern. Abhdl. Landesmus. Naturkd. Münster **26**, 1–104.

LOHSE, G. A., 1987. Ökologische Faktoren, die das Vorkommen von Küstenkäfern bestimmen. Mitt. dtsch. Ges. a. a. Ent. **5**, 66–68.

MEISSNER, R.-G., 1984. Zur Biologie und Ökologie der ripicolen Carabiden *B. femoratum* STURM und *B. punctulatum* DRAP. II. Substratbindung. Zool. Jb. Syst. **111**, 369–383.

MOSSAKOWSKI, D., 1970a. Ökologische Untersuchungen an epigäischen Coleopteren atlantischer Moor- und Heidestandorte. Z. wiss. Zool. **181**, 233–316.

– 1970b. Das Hochmoor-Ökoareal von *Agonum ericeti* (PANZ.) und die Frage der Hochmoorbindung. Faunistisch-ökol. Mittl. III (Sonderheft) 378–392.

MÜLLER, G., 1970. Der Sexual-Index bei Carabiden als ökologisches Kriterium. Entomol. Berichte, 11–18.

– 1971. Labor-Untersuchungen zur Wirkung von Herbiziden auf Carabiden. Arch. f. Pflanzensch. **7**, 351–364.

– 1972. Faunistisch-ökologische Untersuchungen der Coleopterenfauna der küstennahen Kulturlandschaft bei Greifswald. II/III Die Wirkung der Herbizide UVON-kombi und Elbanil auf die epigäische Fauna von Kulturflächen. Pedobiologia **12**, 169–211.

MÜLLER-MOTZFELD, G., 1987. Die Carabidenfauna der drei Nordbezirke der DDR – eine ökofaunistische Analyse zum Problem der Faunenveränderungen. Dissertation B Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 122 S.

NAGEL, P., 1978. Käfergesellschaften als Indikatoren für den Belastungsgrad trockenwarmer Standorte des Saar-Mosel-Raumes. Jb. Nasturwiss. Ver. Wuppertal **31**, 145–148.

PLACHTER, M., 1985. Faunistische-ökologische Untersuchungen auf Sandstandorten des Unteren Brombachtales (Bayern) und ihre Bewertung aus der Sicht des Naturschutzes. Ber. A.N.L. **9**, 45–92.

REFSETH, D., 1980. Ecological analysis of Carabid communities potential use in biological classification for nature conservation. Biol. Conserv. **17**, 131–141.

SCHUBERT, R., 1985. Bioindikation in terristrischen Ökosystemen. Jena, 327 S.

SEIFFERT, B., 1986. Vergleichende Untersuchungen zur Habitatwahl von Ameisen (Hymenoptera: Formicidae) im mittleren und südlichen Teil der DDR. Abhdl. Ber. Naturkd. Mus. Görlitz **59**, 1–124.

SOWIG, G., 1986. Experimente zur Substratpräferenz und zur Frage der Konkurrenzverminderung uferbewohnender Laufkäfer (Col. Carab.). Zool. Jb. Syst. **113**, 55–77.

STÖCKER, G., 1981. Zu einigen theroretischen und methodischen Aspekten der Bioindikation. Arch. Natursch. Landschaftsforsch. **21**, 187–209.

STUBBE, A, & F. TIETZE, 1980. Strukturänderungen der Carabidengesellschaften entlang einer Trasse immissionsbe-

einflußter Kiefernbestände der Dübener Heide. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg. Wiss. Beitr. 1980/28 (P 12); Bioindikation, 27–33.
– – 1982. Ökologische Untersuchungen an Carabidengesellschaften entlang einer Trasse immissionsgeschädigter Kiefernforste in der Dübener Heide. Arch. Naturschutz u. Landschaftsforsch. **22**,. 27–44.
ŠUSTEK, Z., 1980. Použitie shannon-wienerovej funkcie k posudzooania narušenia ekosystemov. Lesnicky vyskum a vychoda vedeckych prasovnikov v ČSSR Zoolen, 1–15.
– 1983b. Zeitkorrelierte Veränderungen der α-Diversität verschiedener Carabiden-Zönosen in Mitteleuropa. Biologia (Bratislava) **38**, 959–970.
THIELE, H. U., 1967. Ein Beitrag zur experimentellen Analyse von Euryökie und Stenökie bei Carabiden. Z. Morphol. Ökol. **58**, 355–372.
THOMÉ, J. P., M. H. DE BOUGE & M. LOUVET, 1987. Carnivorous insects as bioindicators of environmental contamination: Organochlorine insecticide residues related to insect distribution in terrestrial ecosystems. Int. J. Environ. Anal. Chem. **30**; 219–232.
WEIGMANN, G., 1987. Fragen der Auswertung und Bewertung faunistischer Artenlisten. Mitt. B.B.A. Land.- u. Forstw. Berlin-Dahlem, Heft **234**, 23–33.

Synopsis: *Subject review article*
MÜLLER-MOTZFELD, G., 1989. Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) als pedobiologische Indikatoren [Ground-beetles (Coleoptera: Carabidae) as pedobiological indicators]. **33**, 145-153.

Some special problems of using carabids as indicators are discussed. The foundation of ecofaunistical indication with ground beetles is the existence of qualitative indicator-species for those environmental conditions, which it is necessary to determine. Ground-beetles are non-specific indicators. Suitable parameters of indication are: presence, abundance, activity, and other indices from these (dominance, diversity, evenness etc.). Features of pedobiological indication with ground-beetles were seen in the different specific densitivity of each semaphoronts, and in the dependence of their habitat choice in competition with other species. Limits of availability for qualitative indication are derived from the relation between distribution of the indicating species and the distribution of the indicated complex of enviromental conditions.
Key words: Coleoptera, Carabidae, bio-indicator, environment, distribution.

Address of the author: Dr. sc. nat. GERD MÜLLER-MOTZFELD, Zoologisches Museum, Sektion Biologie, Universität Greifswald [Zoological Museum, Biology section, University of Greifswald], J.-S.-Bach-Str. 11–12, Greifswald, DDR–2200 [GDR].